جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و چهارم، تابستان ۱۳۹۹

صص ٤١- ١٩

DOI: https://dx.doi.org/10.22067/geo.v9i2.84457

مقاله پژوهشی

آشکارسازی تغییرات مجرای رودخانه گیوی‌چای در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹

الناز پیروزی- دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفولیک، دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل

عقیل مددی[1]- استاد ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل

صیاد اصغری سراسکانرود- دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل

محمدحسین رضایی‌مقدم- استاد ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز،تبریز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۳ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/٦/۲۲

چکیده

رودخانه‌ها سیستم‌های پویا بوده و مسیر رودخانه‌ها به‌طور مداوم در حال تغییر می‌باشند. این تغییرات و جابجایی‌ها مشکلاتی را برای کاربری‌های انسانی و اکولوژیکی ایجاد می‌کند و از مباحث مهم در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای محسوب می‌گردد. در این پژوهش آشکارسازی تغییرات رودخانه گیوی چای با استفاده از تصاویر لندست هشت و هفت؛ شامل سنجنده OLI و ETM+، نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، داده‌های هیدرولوژیکی و داده‌های میدانی، در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹، مورد بررسی قرار گرفته است. در راستای رسیدن به هدف تحقیق، ابتدا مسیر رودخانهٔ گیوی‌چای به چهار بازهٔ، بازه ۱ (بازه کوهستانی بالادست سد)، و بازه‌های پایین‌دست سد شامل: بازهٔ ۲ (بازه نیمه دشتی)، ۳ (بازه کوهستانی) و ٤ (بازه نیمه کوهستانی) تقسیم گردید و از پارامترهای ژئومورفولوژی رودخانه؛ شامل ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی و همچنین؛ روش تراسنکت و محاسبه آهنگ مهاجرت رودخانه استفاده شده است. با توجه به نتایج مطالعه، بازه اول و سوم، در هر دو دوره به صورت پیچان رود بسیار توسعه یافته و بازه چهارم از نوع پیچان رود توسعه یافته بوده است. ولی در بازه دوم در طی دوره مطالعاتی نوع بازه از پیچان رود توسعه یافته به بسیار توسعه یافته تغییریافته است. میانگین ضریب خمیدگی در بازه اول در سال ۲۰۱۹، نسبت به سال ۲۰۰۰، کاهش یافته است، ولی در سایر بازه‌ها در سال ۲۰۱۹ میزان ضریب خمیدگی نسبت به سال ۲۰۰۰ روند افزایشی داشته است. میانگین آهنگ مهاجرت مجرای رودخانه گیوی‌چای در طی بازهٔ زمانی ۱۹ ساله، در حدود ۰/۸۷ متر، در سال بوده است. بیش‌ترین مقدار جابه‌جایی عرضی مجرا، در ترانسکت ۱۲، به میزان ۱/۵۱ متر و کمترین جابه‌جایی در ترانسکت ۲۰، به مقدار ۰/٥٤ متر می‌باشد. نتایج

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱٤۳٥۳۳۰۲٦ Email: a_madadi@uma.ac.ir

همچنین نشـان داد که در طی بازه زمانی مورد مطالعه، به‌طورکلی ۳۹/۵۲ هکتار به سـاحل راست رودخانه افزوده اسـت و ۱۱/٦۲ هکتار از سـاحل راسـت کاسـته شـده است. درنتیجه مشخص گردید که رودخانه گیوی‌چـای دارای تغییرات مورفولوژیکی و جابه‌جایی مجرا می‌باشـــد و عوامل مؤثر این تغییرات، به‌طور عمده شامل؛ تغییرات دبی و دبی رسوبی، به ویژه در رابطه با احداث سد، مقاومت لیتولوژیکی و فرسایش پذیر بودن سازندهای بستر و کناره‌های رودخانه و همچنین عوامل انسانی هستند.

کلیدواژه‌ها: شاخص‌های مورفولوژیکی، جابه‌جایی عرضی، روش ترانسکت، آهنگ مهاجرت، گیوی‌چای.

۱- مقدمه

رودخانه و فرایندهای رودخانه‌ای موجود در سطح زمین، به عنوان مهم‌ترین سیستم‌های فعال ژئومورفولوژیکی می‌باشند (بگ[1]، ۲۰۱۹). رودخانه به عنوان سیستمی پویا، مکان و خصوصیات مورفولوژیکی خود را همواره بر حسب زمان، عوامل ژئومورفیک، زمین‌شناختی، هیدرولوژیکی و گاه در اثر دخالت بشر تغییر می‌دهد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱ ؛ فاطمی عقدا و همکاران: ۱۳۸۰). اثرات ناشی از عوامل طبیعی در تنظیم رودخانه، در طولانی مدت نمایان می‌شود. با این وجود، استثنائات اندکی نیز وجود دارد که عوامل طبیعی، مانند: سیلاب رودخانه، لغزش زمین یا زمین‌لرزه می‌تواند در مدت زمان بسیار کوتاهی، در کانال رودخانه تغییراتی را ایجاد کند (چایونگسان و همکاران[2]، ۲۰۱۹). در مقابل، فعالیت‌های انسانی می‌توانند تأثیر معنی‌دار و سریعی بر جریانات و فرآیندهای طبیعی داشته باشند، درنتیجه مقیاس زمانی فشرده‌شده‌ای، برای تنظیم رودخانه‌ها فراهم می‌شود (رینالد و سیمون[3]، ۱۹۹۸؛ مینهای[4]،2019) . شایان‌ذکر می‌باشد، تغییرات الگوی رودخانه یکی از مهم‌ترین مسائل مهندسی رودخانه است که بر فعالیت‌ها و سازه‌های عمرانی حاشیه رودخانه تأثیر می‌گذارد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹٦). جهت مدیریت پایدار سیستم‌های رودخانه‌ای، لازم است تغییر در ویژگی‌های مورفولوژی رودخانه، در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بررسی شود (مینهای، ۲۰۱۹). همچنین، جابه‌جایی مجرا و فرآیندهای مرتبط باعث مخاطراتی از قبیل شکستگی پل‌ها، تخریب جاده‌های ارتباطی و از بین رفتن اراضی می‌شود. ازاین‌رو پایش و نظارت بر مجرای رودخانه ازجمله اقدامات اساسی در زمینه مدیریت رودخانه‌ها و دشت‌ها سیلابی می‌باشد (خیری زاده آروق و همکاران، ۱۳۹٦). بدین منظور در راستای کشف و آشکارسازی تغییراتی که در مناطق مختلف کره زمین اتفاق می‌افتد می‌توان با اطمینان از تکنولوژی RSو تصاویر متوالی ماهواره‌ای در اشکال خاص استفاده کرده، شناخت دقیق‌تری را از رفتار و اصول حاکم بر رودخانه‌ها به دست آورد (اتوود و همکاران[5]، ۲۰۰۵).

1 Bag
2 Chaiwongsaen et al
3 Rinaldi & Simon
4 Minh Hai
5 Atwwod et al

مطالعات مختلفی توســط محققان داخلی و خارجی در زمینه ژئومورفولوژی رودخانه‌ای و به ویژه در رابطه با محاسبه شاخص‌های مورفولوژیکی، تغییر مسیر و برآورد آهنگ مهاجرت رودخانه صورت گرفته است که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۵)، جابه‌جایی جانبی مجرای رودخانه ارس، از ۱۵ کیلومتری شرق اصلاندوز تا خروج رودخانه از مرز ایران را در طی بازه زمانی ۱٤ ساله، مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه از شـاخص‌های مورفولوژیکی و روش ترانسـکت استفاده کردند و به این نتیجه دست یافتند که رود ارس از نوع مئاندری توسعه یافته و افزایش زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی نشانگر فعال بودن مئاندرهای رودخانه می‌باشد و در طی این ۱٤ سال، حدود ۲۵۳ هکتار از اراضی از دسترس ایران خارج شده و ۱۷۵ هکتار به اراضی در دسـترس افزوده شده است. رحیمی و همکاران (۱۳۹۵)، در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات مجرای رودخانهٔ ارس، از اصـلاندوز تا پارس‌آباد، در طی بازه زمانی ۲۸ ساله، با استفاده از روش ترانسکت پرداختند. با توجه به نتایج مطالعه، میانگین آهنگ جابه‌جایی رودخانه در طی این مدت ۸/٤ متر در سال بوده و اقدامات آنتروپوژنیک در مسیر رودخانه نقش مهمی در ساماندهی و تغییر این رودخانه داشته است. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹٦)، به ارزیابی میزان مهاجرت عرضی مجرای رودخانه ارس با استفاده از روش ترانسکت در طی سال‌های ۱۹۸۷ الی ۲۰۱٦ (از سد خدا آفرین تا سد میل مغان)، پرداخته‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که میانگین میزان مهاجرت مجرای رودخانه ارس در طول ۲۹ سـال گذشـته، در حدود ٤/۷۳ متر در سـال بوده اسـت. سلطانی گردفرامرزی و همکاران (۱۳۹۷)، در مطالعه‌ای به بررسی روند تغییرات زاویه مرکزی و شعاع مرکزی در مئاندرهای رودخانه گاماسیاب پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد با توجه به روند افزایشی شعاع پیچان رودها از سال ۱۹۹۰ نسبت به سال ۲۰۱۳ (از ۲۰۳/۷ به ۵۹۳/۱ متر) و افزایش زاویه مرکزی از حدود ۵۸ درجه به ٦۲/۵ درجه، شـکل رودخانه به صـورت خمدار توسعه یافته تبدیل شده است. خوش رفتار و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسـی پیچان رودهای قزل اوزن در محدودهٔ شـهرسـتان ماهنشـان زنجان با اسـتفاده از شاخص‌های هندسی و تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. با توجه به نتایج مطالعه، قزل اوزن از نوع رودخانه پیچان رود توسـعه یافته اسـت و در طی بازه زمانی مورد مطالعه (۱۳۷۳-۱۳۹٤)، از مقدار زاویه مرکزی پیچان رود خیلی توسـعه یافته کاسـته شـده و پیچان رود توسعه یافته و توسعه نیافته افزوده شده است. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۹)، با استفاده از روش ترانسکت و شاخص‌های مورفولوژیکی، به مطالعه آشکارسازی تغییرات جانبی مجرای رودخـانه قزل اوزن در بازه زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳، پرداختند. آن‌ها به این نتیجه دسـت یافتند که میانگین مهاجرت رودخانه در ۲۰ سـال گذشته در حدود ٤/٤۷ متر در سال بوده و در طی این دوره حدود ۲۰۷/۱٤ به ساحل راست رودخانه افزوده شده و ۲۱۵/۳۱ هکتار از ساحل راست کاسته شده است. آسواس و ساتیش[1] (۲۰۰۸)، در پژوهشی عوامل مؤثر بر انحراف رود کوتایام، در هند را ارزیابی کردند. طبق نتایج حاصـل، میانگین شـاخص سـینوسیتی در

1 Aswath & Satheesh

رودخانه در سـال ۱۹٦۷، ۱/٦ و در سال ۲۰۰٤، ۱/۸ بوده است و مقاطع پیچشی بیشتر در پایین‌ترین سطح رودخانه قرار دارند و بیشتر این ناحیه تحت تأثیر سیلاب‌ها و رسوبات آبرفتی ضخیم قرار دارند. متیاس[1] (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای به تجزیه و تحلیل تغییرات بستر رودخانه در دو شاخه از رودخانه ویستولای بالایی پرداخت و به این نتیجه رسید که تنگ شدن و به عمق رفتن کانال‌ها، تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای‌اند که در رودخانه‌های مورد مطالعه دیده می‌شوند. دوان و همکاران[2] (۲۰۱۷)، در تحقیقی به ارزیابی تغییرات مجرای دو رودخانه گنگ و پادما در بنگلادش با استفاده از داده‌های هیدرولوژیکی و تصاویر لندست پرداخته‌اند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که عرض رودخانه گنگ از ٥/۳٦ تا ۳/۲٦ کیلومتر در طی دوره موردبررسـی متغیر بوده است و پلان فرم مجرای هر دو رودخانه در طی این بازه زمانی دچار تنگ‌شـدگی و بازشدگی و تنظیم کانال شده است. باتالا و همکاران[3] (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای تحلیل ژئومورفولوژیکی رودخانه نیوبل، پرداختند. در این مطالعه تغییرات اخیر در مورفولوژی رودخانه طی سـال‌های ۲۰۰۳–۲۰۱٦، مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. طبق نتایج مطالعه، عامل اصـلی کنترل کنندهٔ تکامل این رودخانه در سال‌های اخیر، نوع سـازندهای بسـتر و کنار رودخانه می‌باشـد. کیبت لانگت[4] (۲۰۱۹)، در مطالعه‌ای دینامیک و تحول رودخانه تانا (طولانی‌ترین رودخانه کنیا)، را بررسی کرده و بیان کرده‌اند که نیروهای حرکتی بالقوه جهت تغییرات مورفولوژیکی رودخانه، شامل: تغییرات رژیم هیدرولوژیکی، شیوه‌های استفاده از زمین‌های بالادست (کاربری اراضی)، گرادیان کانال و تغییرات پوشـش گیاهی حاشـیه رودخانه اسـت. بر اساس پیشینهٔ مطالعات انجام‌شده در رابطه با ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، ملاحظه می‌شود که بحث مطالعه تغییرات مورفولوژیکی و عرضی رودخانه از اهمیت شایانی برخوردار است و رودخانه گیوی‌چای از رودخانه‌های دائمی استان اردبیل، در شمال غرب کشور ایران می‌باشد و تاکنون مطالعهٔ جامع و کاملی توسط پژوهشگران بر روی این رودخانه انجام نشده است. در این مطالعه سعی شده است تا به بررسی و تحلیل الگوهای متفاوت رودخانه با اسـتفاده از روابط کمی و آشکارسازی تغییرات جانبی مجرای رودخانه گیوی چای با استفاده روش ترانسکت و محاسبه آهنگ مهاجرت رودخانه (در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹)، پرداخته شود.

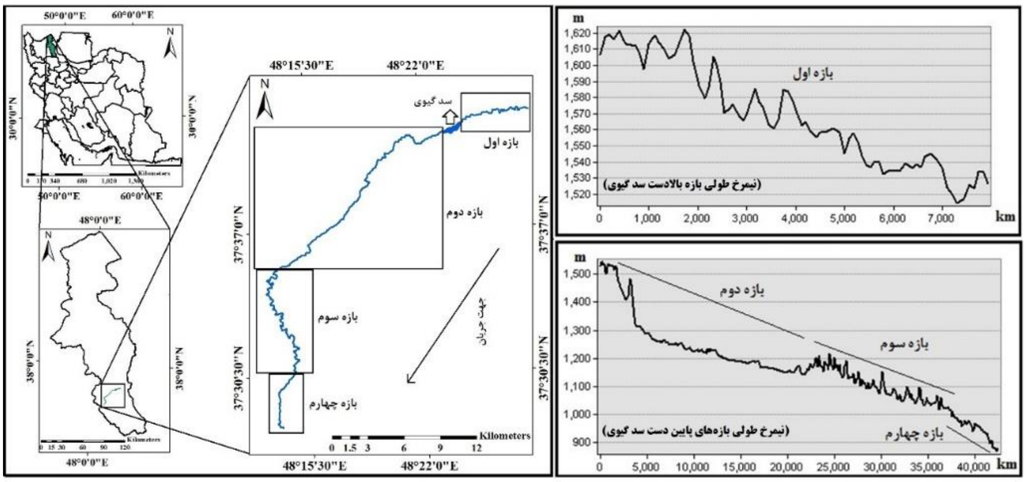
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

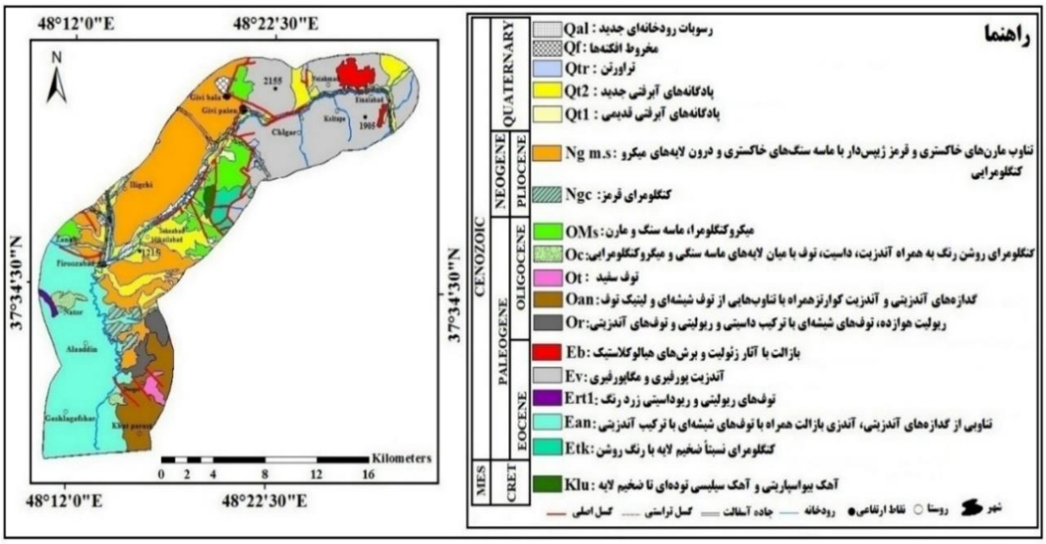
رودخانه گیوی‌چای به طول تقریبی ٥٤ کیلومتر، ازجمله رودخانه‌های دائمی استان اردبیل می‌باشد. دو رود هیرو (که از ارتفاعات جنوب شـهر خلخال سـرچشمه گرفته است) و آرپاچای (که از شمال به جنوب جاری است)، در پایین‌دسـت به هم پیوسـته و جریان در نزدیکی روسـتای (ایناللاوا)، به سمت غرب منحرف شده و ارتفاعات ما بین

1 Matyas
2 Dewan et al
3 Batalla et al
4 Kibet Langat

خلخال و گیوی را با دره تنگ و عمیقی بریده و به شـــهر گیوی می‌رسـد. در این منطقه این رود به نام گیوی‌چای معروف است. این رودخانه پس از گذشتن از شهر گیوی و پیوستن به رودخانه فیروزآباد به قزل اوزن می‌ریزد (شکل ۱). محدوده مورد مطالعه به‌طور عمده از سـازندهای آتشـفشـانی و آذرآواری ترشیاری به ویژه ائوسن، الیگوسن و میوسن تشکیل شده که با رسوبگذاری سنگ‌هایی نظیر کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن و لایه‌های گچ و آهک همراه بوده است. به علاوه، رسوبات کواترنری محدوده؛ مشتمل بر پادگانه های آبرفتی درشت‌دانه و ریزدانه، واریزه‌ها و رسوبات دامنه‌ای و نهشته های رودخانه‌ای می‌باشد (شکل ۲).



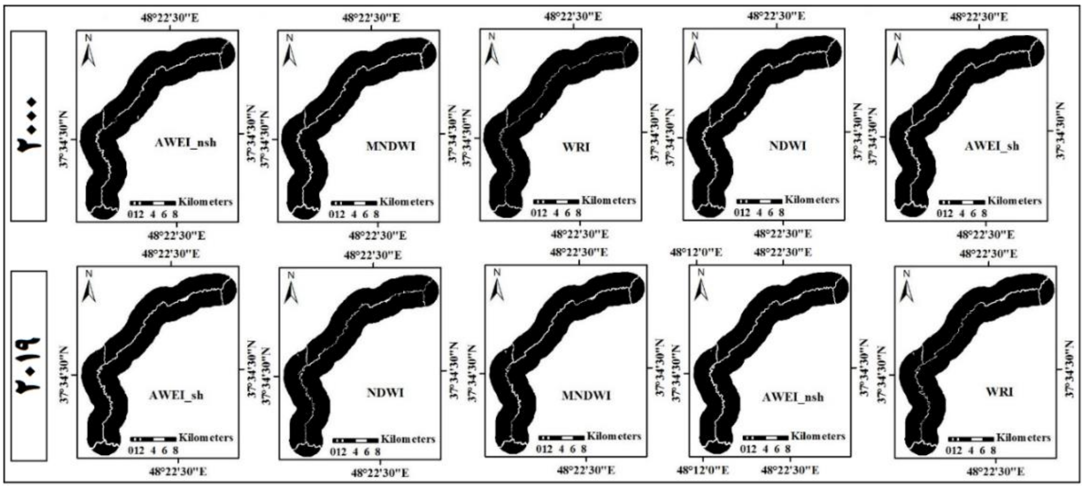
شکل ۱- نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه و نیم‌رخ طولی بازه‌ها



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی رودخانهٔ گیوی‌چای

۲-۲- داده‌ها و روش‌های مورد استفاده

در این تحقیق از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، و تصاویر google earthو لندست هشت، شامل سنجنده OLI(۲۰ جولای سال ۲۰۱۹)، لندست هفت شامل سنجنده ETM+ (۳۰ ژوئن سال ۲۰۰۰)، نقشه‌های تعیین حد بستر و حریم رودخانه گیوی‌چای با مقیاس ۱:۲۰۰۰، داده‌های هیدرولوژیکی فیروزآباد (پایین‌دست سد) و داده‌های میدانی استفاده شده است. همچنین جهت کنترل نتایج به دست آمده به وسیلهٔ روش‌های کمی، از مطالعات میدانی جهت انطباق و صحت‌سنجی نتایج استفاده شده است. جهت پردازش تصاویر و تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز نرم‌افزارهای ENVI 5.3، Arc GIS 10.5، Excel مورد استفاده قرار گرفته است. ابتدا، تصحیح اتمسفری با روش FLAASHبر روی تصاویر ماهواره‌ای، انجام شد و سپس با استفاده از شاخص‌های آب، شامل: NDWI، $AWEI_{shadow}$ $AWEI_{no\,shadow}$, MNDWI,و WRIکه به ترتیب توسط، امسی فترس[1] (۱۹۹٦)، اکسو[2] (۲۰۰٦)، فیزا و همکاران[3] (۲۰۱۰) و شن و لی(2010) [4]، مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ اقدام به استخراج مسیر رودخانه از روی تصاویر گردید (شکل ۳). با توجه به ضریب کاپا و صحت کلی، مسیر رودخانه استخراج شده توسط شاخص $AWEI_{sh}$ برای هر دو دوره ۲۰۰۰ و ۲۰۱۹، مورد تأیید و استفاده قرار گرفت (جدول ۱).



شکل ۳- اعمال شاخص‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۰ (لندست ۷) و سال ۲۰۱۹ (لندست ۸)

1 Mcfeeters
2 Xu
3 Feyisa et al
4 Shen & Li

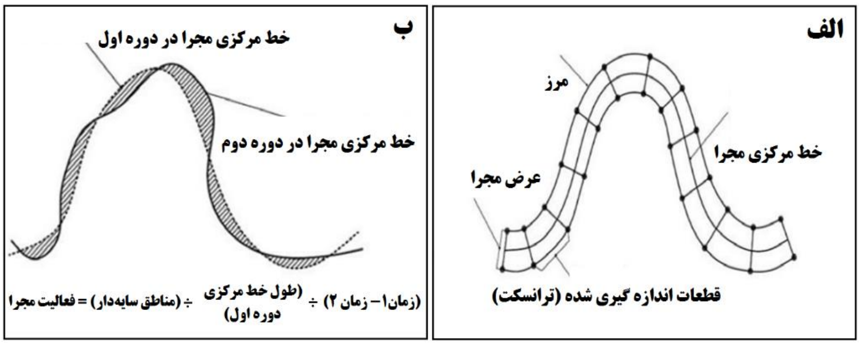
جدول ۱- صحت کلی و ضریب کاپا

سنجنده	ETM (2000)		OLI (2019)	
شاخص	صحت‌کلی (درصد)	ضریب کاپا	صحت‌کلی (درصد)	ضریب کاپا
NDWI	۲۶/۹۳	۹۱/۰	۰۳/۹۰	۸۹/۰
MNDWI	۵۴/۹۷	۹۵/۰	۳۵/۹۵	۹۳/۰
AWEI_nsh	۱۳/۹۵	۹۳/۰	۵۱/۹۸	۹۷/۰
AWEI_sh	۰۵/۹۹	۹۸/۰	۴۲/۹۹	۹۸/۰
WRI	۰۸/۹۰	۸۹/۰	۰۶/۹۲	۹۰/۰

در مرحله بعد، مسیر رودخانه گیوی‌چای ابتدا به دو بخش بالادست و پایین‌دست سد تقسیم شد. سپس، بر اساس متغیرهای مختلفی از قبیل: کنترل زمین‌شناسی و توپوگرافی، عرض دشت سیلابی و اثرات آنتروپوژنیک و با توجه به مشاهدهٔ میدانی و استفاده از تصاویر Google Earth و ماهواره لندست، جهت انجام بررسی دقیق‌تر و علمی‌تر رودخانه به ٤ بازه تقسیم شد که عبارتند از: بازه یک (بازه کوهستانی بالادست سد، از محل اتصال دورود هیروچای و آرپاچای تا محل سد)، بازه‌های پایین‌دست سد شامل: بازهٔ ۲ (بازه دشتی)، ۳ (بازه کوهستانی) و ٤ (بازه نیمه کوهستانی) تقسیم گردید. سپس پارامترهای ژئومورفولوژی رودخانه و تغییرات آن‌ها شامل ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی اندازه‌گیری شد. ضریب خمیدگی یکی از معیارهای کمی است که در تقسیم‌بندی شکل رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و با استفاده از رابطه $s = \frac{1}{y.2}$، یعنی با تقسیم کردن طول دره بر طول موج، برای هر قوس (ضریب پیتز)، محاسبه شده است. زاویه مرکزی قوس‌های زده شده بر روی هر کدام از بازه‌ها، با استفاده از رابطه $A = \frac{180L}{R\pi}$، محاسبه گردید که در این رابطه Aزاویه مرکزی، Rشعاع دایره برازش داده شده، می‌باشد (ضریب کورنیاس). در مرحله بعد با استفاده از روش ترانسکت و محاسبه آهنگ مهاجرت رودخانه، تغییرات جانبی مجرا مورد بررسی قرار گرفت. روش ترانسکت، شامل ترسیم یک سری از ترانسکت‌های عمود بر دشت سیلابی رودخانه و اندازه‌گیری فاصله بین نقاط متقاطع بین خط مرکزی کانال و ترانسکت برای دوره‌های زمانی می‌باشد (گاردینو و لی[1]، ۲۰۱۱). به منظور انجام روش ترانسکت، خطوطی با فواصل مشخص از هر دو طرف مجرا به عنوان خطوط مبنا ترسیم گردد و این خطوط برای دوره‌های زمانی مورد مطالعه ثابت بوده و به همین علت جابه جایی مجرا نسبت به این خطوط به صورت کمی قابل محاسبه است. هنگامی‌که مجرا در جهت راست جابجا شود مساحت ترانسکت سمت راست مجرا کاهش پیداکرده و بر مساحت ترانسکت سمت چپ مجرا افزوده می‌شود و برعکس (شکل ٤). در این پژوهش، مجرای رودخانه گیوی‌چای بر اساس مورفولوژی و روند تغییرات مجرا به ۲۳ ترانسکت تقسیم‌بندی شد و شاخص‌های کمّی برای هر ترانسکت محاسبه گردید. برای محاسبه آهنگ جابه جایی مجرا نیز، از رابطه

1 Giardino & Lee

$Rm = (\frac{A}{L})/Y$ استفاده گردید (شیلدز و همکاران[1]، ۲۰۰۰؛ مگدالنو و همکاران[2]، .(2011 در این رابطه RM: شدت جابه جایی عرضی، A: مساحت موجود بین دو خط مرکزی مجرا، L: طول خط مرکزی مجرا در زمان t_1و Y: تعداد سال است.



شکل ٤- الف) نحوه درون‌یابی خط مرکزی مجرا ، ب) نحوه استخراج آهنگ مهاجرت رودخانه

منبع: شیلدز و همکاران، ۲۰۰۰؛ مگدالنو و همکاران، ۲۰۱۱).

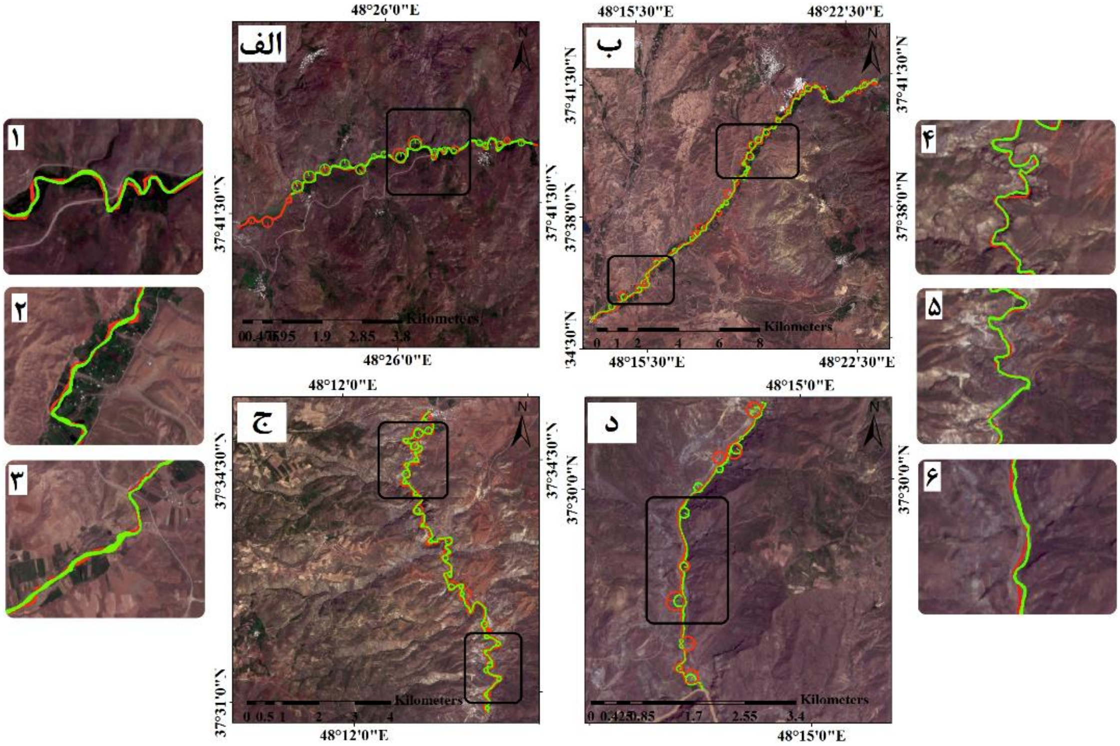
۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی شاخص‌های مورفولوژیکی رودخانه گیوی‌چای در بازه زمانی ۲۰۱۹- ۲۰۰۰

بررسی پارامترهای ژئومورفولوژی رودخانه و تغییرات آن‌ها شامل ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی اندازه‌گیری شده با توجه به دوایر مماس بر پیچان رودها (شکل ۵)، نشان می‌دهد که پیچ‌ها از تعداد ۷۵ به ۱۰۰ عدد در طی این مدت افزایش یافته است که این امر نشان دهنده تغییرات مورفولوژی و ناپایداری رودخانه می‌باشد. بر اساس جدول ۲، میانگین ضریب خمیدگی در بازه اول در سال ۲۰۰۰، ۱/٤۸بوده و در سال ۲۰۱۹ به مقدار ۱/٤۰ کاهش یافته است. اما در سایر بازه‌ها در سال ۲۰۱۹ میزان ضریب خمیدگی نسبت به سال ۲۰۰۰ روند افزایشی داشته است. به‌طورکلی، کمترین میزان ضریب خمیدگی برای هر دوره مربوط به بازه چهارم و در یک مقدار محدود می‌باشد. در بازه‌های اول، دوم و چهارم بخش اعظم بازه در هر دو دورهٔ مطالعاتی، دارای ضریب خمیدگی ۱/۵–۱/۰۵ می‌باشند و بنابراین پلان فرم مجرا به صورت سینوسی می‌باشد، ولی در بازه سوم بیش از ٦۰ درصد از محدوده دارای خمیدگی ۱/۵ تا ۲ می‌باشد و بنابراین الگوی بازه به صورت پیچانرودی است. در بازه دوم و چهارم، انحراف معیار ضریب خمیدگی کم می‌باشد و در بازه دوم ۰/۱۹ در سال ۲۰۰۰ و ۰/۱۸ در سال ۲۰۱۹ و در بازه چهارم ۰/۱٤ در سال ۲۰۰۰ و ۰/۱۲ در سال ۲۰۱۹ می‌باشد که به‌طورکلی، نشان دهندهٔ وجود قوس‌های شبیه هم می‌باشند. در بازه‌های اول و سوم مقدار

1 Shields et al
2 Magdaleno et al

انحراف معیار برای هر دو دوره نسبتاً زیاد می‌باشد و این امر بیان کنندهٔ قوس‌های غیر شبیه هم می‌باشند. همچنین، در بازه‌های اول و سوم، الگوی پیچانرودی شدید نیز در بازه دیده می‌شود.



شکل ۵- الف، ب، ج و د؛ مسیر رودخانه و دوایر برازش شده بر پیچان رودها به ترتیب در بازه اول، دوم، سوم و چهارم . ۱ تا ٦ ، نمایش واضح‌تر بخش‌هایی از تغییرات مسیر رود (در این شکل، رنگ قرمز مربوط به مسیر رودخانه در سال ۲۰۰۰ و رنگ سبز مربوط به مسیر رودخانه در سال ۲۰۱۹ می‌باشد)

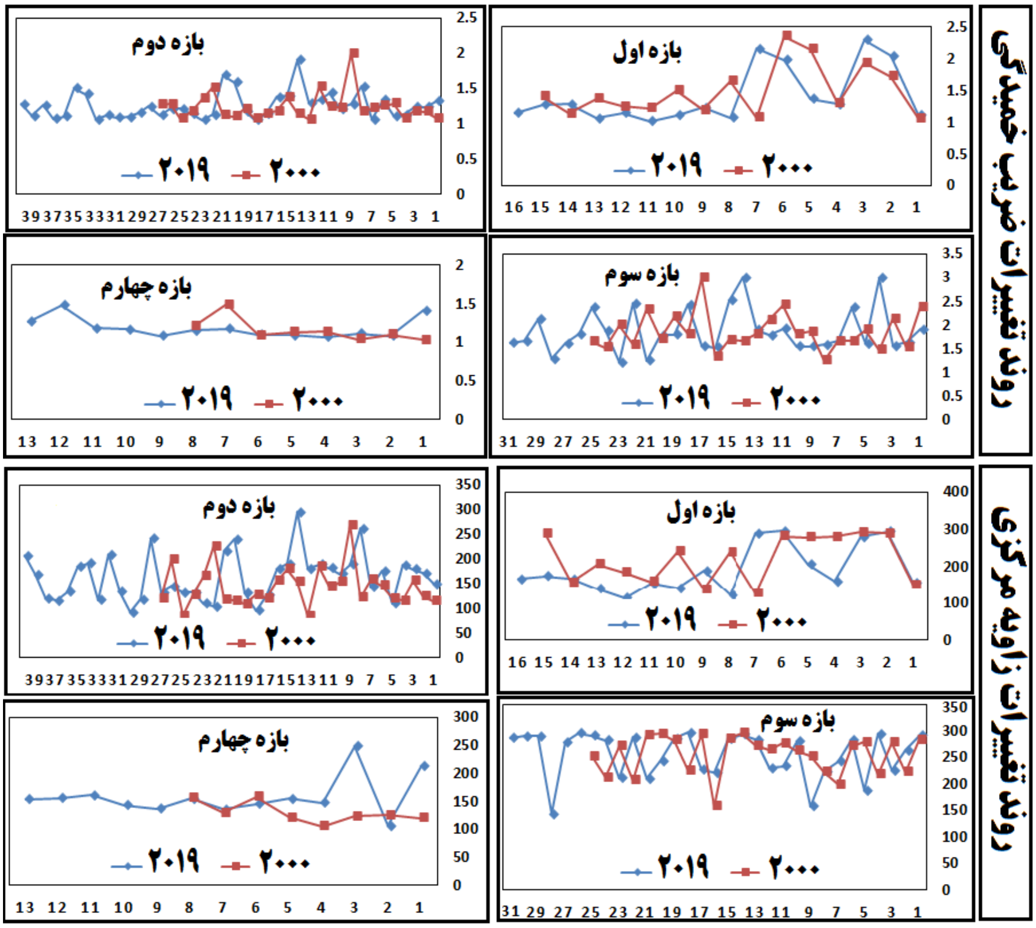
با توجه به محاسبه شاخص زاویه مرکزی، در هر دو دوره، بازه اول و سوم، به صورت پیچان رود بسیار توسعه یافته و بازه چهارم، از نوع پیچان رود توسعه یافته بودهاند. ولی در بازه دوم در طی دوره مطالعاتی، نوع بازه از پیچان رود توسعه یافته به بسیار توسعه یافته تغییر یافته است و زاویه مرکزی از ۱٤۳/۸۲ در سال ۲۰۰۰ به ١٦٣/٥٠در سال ۲۰۱۹ رسیده است. در این بازه، الگوی پیچانرودی شدید به علت شیب کم بستر و آبرفتی بودن آن می‌باشد و مئاندرها از نوع محاط و دشتی است و با افزایش قوس مئاندرها و تمرکز انرژی رودخانه در یک نقطه مشخص، شدت فرسایش به حداکثر خود می‌رسد و در جایی که قوس مئاندر به طرف کناره‌ها متمرکز شده و با دیواره کنار بستر مماس گردیده، مقدار انبوهی از مواد کناری به داخل بستر سرازیر شده و با شدت گرفتن انرژی مئاندری در محدودهٔ خمیدگی و قوس مئاندر، پهنای دشت سیلابی به خاطر فرسایش، افزایش یافته است. در بازهٔ اول، زاویه

مرکزی پیچان رودها در سال ۲۰۱۹ نسبت به سال ۲۰۰۰ کاهش یافته است و با کاهش زاویه مرکزی رودخانه، میانگین شعاع دوایر مماس بر پیچان رودها نیز کاهش یافته است و در سایر بازه‌ها شاهد روند افزایشی زاویه مرکزی در طی دوره مطالعاتی هستیم و افزایش مقدار زاویه مرکزی، گویای فعال بودن مئاندرهای رودخانه می‌باشد. در بازه سوم، میانگین زاویه مرکزی در هر دو دوره، نسبت به دیگر بازه‌ها زیاد است، در واقع رودخانه در یک مسیر پرپیچ وخم دار جریان یافته است که به علت مقاومت زمین‌شناسی کنار رودخانه و عرض کم منتج از این عامل است. بنابراین، میزان توسعه پیچانرودی به‌طور کامل از لیتولوژی بستر و کناره تأثیر پذیرفته است. ولی چون توپوگرافی منطقه بسیار خشن است و رودخانه در دره عمیق محاط شده، لذا مرحله تبدیل به نعل اسبی دیده نمی‌شود. در شکل ٦، روند تغییرات ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی بازه‌ها، نمایش داده شده است.

جدول ۲- مشخصه‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی رودخانه گیوی چای

	بازه	سال	تقسیم‌بندی رودخانه برحسب ضریب خمیدگی: ۰۵/۱-۱ مستقیم	۵/۱-۰۵/۱ سینوسی	۲-۵/۱ پیچانرودی	۲« پیچانرودی شدید	حداقل	حداکثر	میانگین	تفاوت میانگین	انحراف	نوع بازه
مشخصه‌های ضریب خمیدگی	۱	۲۰۰۰	–	۶۷/۶۶	۲۰	۳۳/۱۳	۰۶/۱	۳۵/۲	۴۸/۱	۰۸/۰	۳۹/۰	سینوسی
		۲۰۱۹	۲۵/۶	۷۵/۶۸	۲۵/۶	۷۵/۱۷	۰۱/۱	۲۹/۲	۴۰/۱		۴۳/۰	سینوسی
	۲	۲۰۰۰	–	۸۹/۸۸	۱۱/۱۱	–	۰۶/۱	۹۹/۱	۲۳/۱	۰۲/۰-	۱۹/۰	سینوسی
		۲۰۱۹	–	۵/۸۷	۵/۱۲	–	۰۵/۱	۹۰/۱	۲۵/۱		۱۸/۰	سینوسی
	۳	۲۰۰۰	–	۱۲	۶۰	۲۸	۲۴/۱	۹۸/۲	۸۵/۱	۰۱/۰-	۳۹/۰	پیچانرودی
		۲۰۱۹	–	۶۸/۹	۵۲/۶۴	۸۰/۲۵	۲۰/۱	۹۹/۲	۸۶/۱		۴۶/۰	پیچانرودی
	۴	۲۰۰۰	۲۵	۷۵	–	–	۰۳/۱	۴۹/۱	۱۵/۱	۰۳/۰-	۱۴/۰	سینوسی
		۲۰۱۹	–	۱۰۰	–	–	۰۶/۱	۴۷/۱	۱۸/۱		۱۲/۰	سینوسی

	بازه	سال	تقسیم‌بندی رودخانه برحسب زاویه مرکزی: ۰-۴۱ شبه پیچان رود	۸۵-۴۱ پیچان رود توسعه نیافته	۱۵۸-۸۵ پیچان رود توسعه یافته	۲۹۶-۱۵۸ پیچان رود بسیارتوسعه یافته	۲۹۶« نعل اسبی	حداقل	حداکثر	میانگین	تفاوت میانگین	انحراف معیار	نوع بازه
مشخصه‌های زاویه مرکزی	۱	۲۰۰۰	–	–	۳۳/۳۳	۶۷/۶۶	–	۴۶/۱۲۶	۱۷/۲۹۲	۹۹/۲۱۹	۲۶/۳۰	۲۰/۶۳	بسیار توسعه یافته
		۲۰۱۹	–	–	۷۵/۴۳	۲۵/۵۶	–	۹۱/۱۱۲	۷۰/۲۹۴	۷۳/۱۸۹		۶۹/۶۳	بسیار توسعه یافته
	۲	۲۰۰۰	–	۴۱/۷	۳۷/۷۰	۲۲/۲۲	–	۶۴/۸۴	۰۱/۲۶۹	۸۲/۱۴۳	۶۸/۱۹ –	۹۲/۴۰	توسعه یافته
		۲۰۱۹	–	–	۵/۴۷	۵/۵۲	–	۷۴/۹۱	۸۱/۲۹۴	۵۰/۱۶۳		۴۷	بسیار توسعه یافته
	۳	۲۰۰۰	–	–	۴	۹۶	–	۰۴/۱۵۷	۶۹/۲۹۵	۶۰/۲۵۴	۵۲/۰-	۷۴/۳۶	بسیار توسعه یافته
		۲۰۱۹	–	–	۲۳/۳	۷۷/۹۶	–	۱۶/۱۴۳	۹۲/۲۹۵	۱۲/۲۵۵		۷۱/۴۲	بسیار توسعه یافته
	۴	۲۰۰۰	–	–	۱۰۰	–	–	۱۵/۱۰۵	۴۱/۱۵۷	۶۰/۱۲۹	۲۴/۲۸ –	۱۹/۱۸	توسعه یافته
		۲۰۱۹	–	–	۹۲/۷۶	۰۸/۲۳	–	۲۳/۱۰۶	۸۱/۲۴۷	۸۴/۱۵۷		۵۷/۳۵	توسعه یافته



شکل ٦- روند تغییرات ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی در بازه‌ها

با توجه به جدول ۳، کاهش طول موج در بازه‌ها در ۲۰۱۹، نسبت به ۲۰۰۰، نشان دهندهٔ کاهش فاصله پیچان رودهای متوالی نسبت به هم است، یعنی تعداد پیچان رودها افزایش یافته است. طول موج و طول دره در دوره دوم نسبت به دوره اول کاهش یافته است و این امر بیانگر کاهش فرآیندهای فرسایشی و برتری یافتن فرآیندهای رسوبگذاری و کاهش نیروی جریان در پایین‌دست است. به‌طورکلی، میانگین شعاع قوس‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ در تمامی بازه‌ها روند کاهشی داشته است. اما اگر بازه‌ها را با یکدیگر مقایسه گردد، در بازه سوم شعاع قوس خمیدگی‌ها در هر دو دوره، کوچک‌تر از سایر بازه‌ها می‌باشد و نشانه تحت فشار و ناپایداری قوس، می‌باشد. در بازه دوم (بازه‌دشتی)، که درنتیجه جابه‌جایی سریع‌تر، شعاع حلقه‌ها از دیگر بازه‌های مطالعاتی زیاد است، نشانگر فرسایش پذیری کناره رودخانه، آزادی عمل و قدرت تحرک رودخانه در تشکیلات سست و آبرفتی مسیر رودخانه و ملایم بودن پیچ‌ها می‌باشد. بنابراین، شعاع قوس‌های بزرگ‌تر به علت فرسایش پذیری بستر رودخانه و شعاع کمتر به علت

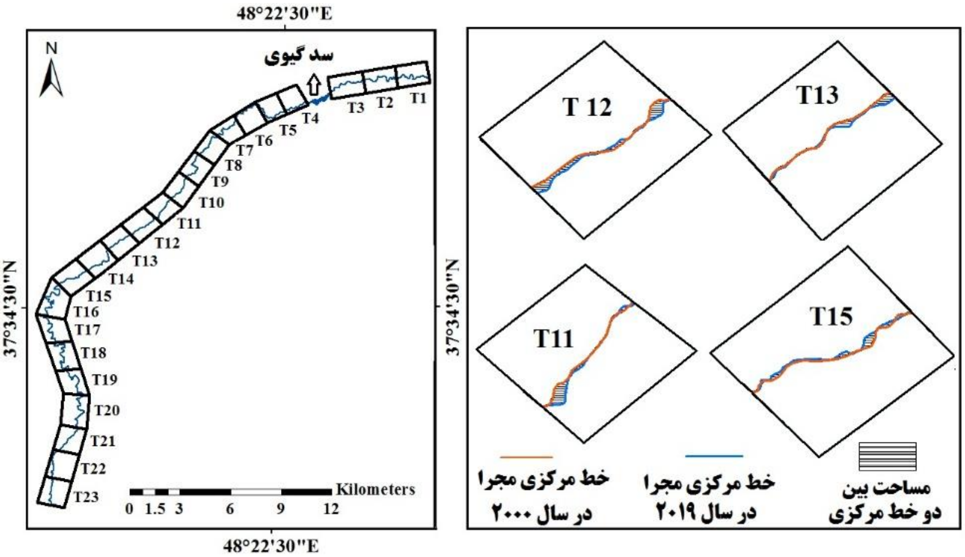
کوهستانی و لیتولوژی مقاوم می‌باشد و تغییر در شعاع رودخانه می‌تواند به علت انجام اقدامات مهندسی و دخالات انسـانی در طول مسـیر رودخانه و کاهش رسـوب رودخانه در اثر احداث سد باشد که شدیداً رفتار مورفولوژیکی رودخانه را متأثر سـاخته است. ایجاد قوس در مسیر جریان، انرژی لازم برای تغییرات مسیر را فراهم می‌سازد که با اندازه‌گیری شعاع قوس خمیدگی‌ها این عامل قابل بررسی است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد، اندازه شعاع قوس‌های پیچانرودی تشکیل شده در طول رودخانه گیوی چای متفاوت است.

جدول ۳- مشخصات سایر پارامترهای هندسی در رودخانه گیوی‌چای

بازه	سال	تعداد مئاندر	میانگین طول موج (متر)	میانگین طول دره (متر)	میانگین شعاع دایره (متر)
۱	۲۰۰۰	۱۵	۳۳/۳۴۳	۸۱/۲۴۱	۷۶/۹۴
	۲۰۱۹	۱۶	۷۹/۲۸۹	۲۳/۲۱۲	۵۱/۹۱
۲	۲۰۰۰	۲۷	۵۶/۳۲۸	۴۱/۲۶۷	۹۴/۱۳۸
	۲۰۱۹	۴۰	۵۷/۲۸۳	۷۹/۲۲۴	۵۴/۱۰۳
۳	۲۰۰۰	۲۵	۸۱/۳۷۸	۳۸/۲۱۰	۹۷/۸۶
	۲۰۱۹	۳۱	۰۲/۲۹۴	۱۸/۱۶۳	۸۷/۶۷
۴	۲۰۰۰	۸	۱۱/۲۶۷	۵۵/۲۳۴	۱۶/۱۱۷
	۲۰۱۹	۱۳	۳۰/۱۷۰	۰۴/۱۴۶	۹۳/۶۵

۳-۲- بررسی کمی تغییرات جانبی مجرای رودخانه گیوی‌چای در بازه زمانی ۲۰۱۹- ۲۰۰۰

مجرای رودخانه گیوی‌چای بر اساس مورفولوژی و روند تغییرات به ۲۳ ترانسکت تقسیم‌بندی شد (شکل ۷) و شاخص‌های کمی برای هر ترانسکت محاسبه گردید (جدول٤). باتوجه به نتایج، میانگین جابه‌جایی عرضی مجرای رودخانه گیوی‌چای در حدود ۰/۸۷ متر در سال می‌باشد. بیش‌ترین مقدار تغییرات جانبی، در ترانسکت ۱۲، به میزان ۱/۵۱متر بوده و در این ترانسکت در طی بازه زمانی مورد مطالعه ٥/٤٧ هکتار از ساحل چپ کاسته و به ساحل راست افزوده شـده اسـت. کمترین جایه جایی نیز در ترانسکت ۲۰، به مقدار ٠/٥٤ متر می‌باشد و درنتیجه ۱/۱۳ هکتار از ساحل چپ کاسته شده و به ساحل راست رودخانه افزوده شده است. نتایج همچنین نشان داد که در طی بازه زمانی ۱۹ ساله، به‌طورکلی ۳۹/٥٢ هکتار به ساحل راست رودخانه افزوده است و ١١/٦٢ هکتار از ساحل راست کاسته شده اسـت. می‌توان گفت که نتایج مطالعه با مطالعهٔ اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۸)، مبنی بر اینکه جابه‌جایی رودخانه به نفع ساحل راست رودخانه است، همخوانی دارد.



شکل ۷- نقشهٔ محدوده ترانسکت‌ها و نمایش واضحتر تعدادی از ترانسکت‌ها

جدول ٤- شاخص‌های کمی مجرای رودخانه

بازه	ترانسکت	جهت نسبت به مجرا	مساحت در سال ۲۰۰۰ (هکتار)	مساحت در سال ۲۰۱۸ (هکتار)	میزان تغییرات (هکتار)	شدت جابه جایی مجرا(m/y)
اول	T1	R	۵۳/۱۵۶	۸۰/۱۵۴	۷۳/۱-	۷۱/۰
		L	۵۴/۸۹	۲۸/۹۱	۷۳/۱	
	T2	R	۰۶/۱۱۶	۰۹/۱۶۶	۰۳/۰	۶۷/۰
		L	۱۲/۱۳۳	۰۹/۱۳۳	۰۳/۰-	
	T3	R	۹۴/۱۲۹	۳۰/۱۳۰	۳۶/۰	۷۷/۰
		L	۴۷/۱۴۰	۱۱/۱۴۰	۳۶/۰-	
دوم	T4	R	۷۴/۱۶۴	۵۹/۱۶۱	۱۴/۳-	۰۱/۱
		L	۹۸/۲۰	۱۲/۲۴	۱۴/۳	
	T5	R	۵۷/۱۴۷	۹۹/۱۴۴	۵۷/۲-	۸۹/۰
		L	۳۴/۳۶	۹۱/۳۸	۵۷/۲	
	T6	R	۰۴/۲۰	۴۹/۲۱	۴۴/۱	۶۸/۰
		L	۳۵/۱۸۹	۹۰/۱۸۷	۴۴/۱-	
	T7	R	۷۱/۷۳	۲۶/۷۵	۵۵//۱	۷۶/۰
		L	۲۹/۱۱۶	۷۳/۱۱۴	۵۵/۱-	
	T8	R	۲/۷۱	۴۵/۷۲	۲۵/۱	۹۸/۰
		L	۵۹/۱۵۰	۳۳/۱۴۹	۲۵/۱-	
	T9	R	۸۳/۸۴	۳۵/۸۷	۵۲/۲	۱/۱
		L	۱۷/۱۴۱	۶۵/۱۳۸	۵۲/۲-	
	T10	R	۴۳/۱۱۱	۴۷/۱۱۱	۰۳/۰	۷۴/۰
		L	۸۹/۱۲۲	۸۶/۱۲۲	۰۳/۰-	

بازه	ترانسکت	جهت نسبت به مجرا	مساحت در سال ۲۰۰۰ (هکتار)	مساحت در سال ۲۰۱۸ (هکتار)	میزان تغییرات (هکتار)	شدت جابه جایی مجرا(m/y)
	T11	R	۳۰/۱۱۴	۸۲/۱۱۷	۵۲/۳	۱۲/۱
		L	۱۰۷	۴۸/۱۰۳	۵۲/۳-	
	T12	R	۹/۱۴۷	۳۷/۱۵۳	۴۷/۵	۵۱/۱
		L	۲۸/۱۱۰	۸۰/۱۰۴	۴۷/۵-	
	T13	R	۲۴/۱۱۳	۲۶/۱۱۶	۰۲/۳	۱۱/۱
		L	۵۴/۱۳۵	۵۱/۱۳۲	۰۲/۳-	
	T14	R	۶۷/۱۸۲	۸۹/۱۸۳	۲۲/۱	۱
		L	۸۲/۹۹	۵۹/۹۸	۲۲/۱-	
	T15	R	۹۶/۱۴۶	۱۶/۱۴۳	۷۹/۳-	۱۲/۱
		L	۳۷/۱۴۳	۱۷/۱۴۷	۷۹/۳	
سوم	T16	R	۸۹/۱۰۹	۲۰/۱۱۱	۳۱/۱	۸۰/۰
		L	۳۶/۱۸۸	۰۴/۱۸۷	۳۱/۱-	
	T17	R	۷۰/۸۷	۷۵/۹۱	۰۵/۴	۸۱/۰
		L	۸۲/۱۵۵	۷۷/۱۵۱	۰۵/۴-	
	T18	R	۵۹/۱۱۱	۷۷/۱۱۴	۱۸/۳	۷۹/۰
		L	۵۷/۱۴۵	۳۹/۱۴۲	۱۸/۳-	
	T19	R	۵۹/۱۳۲	۲۲/۱۳۲	۳۷/۰	۶۵/۰
		L	۵۷/۸۷	۹۵/۸۷	۳۷/۰-	
	T20	R	۰۸/۱۹۳	۲۱/۱۹۴	۱۳/۱	۵۴/۰
		L	۱۹/۱۰۳	۰۶/۱۰۲	۱۳/۱-	
چهارم	T21	R	۳۲/۱۱۱	۵۳/۱۱۴	۲۰/۳	۸۸/۰
		L	۶۶/۱۳۱	۴۵/۱۲۸	۲۰/۳-	
	T22	R	۲۶/۴۱	۴۳/۴۵	۱۷/۴	۸۰/۰
		L	۴۹/۲۲۶	۳۱/۲۲۲	۱۷/۴-	
	T23	R	۹۷/۹۸	۹۸/۱۰۰	۰۱/۲	۶۷/۰
		L	۵۹/۱۶۱	۵۸/۱۵۹	۰۱/۲-	

٤- بحث

تبیین علل تغییرات مورفولوژیکی و جابه‌جایی مجرای رودخانه گیوی‌چای

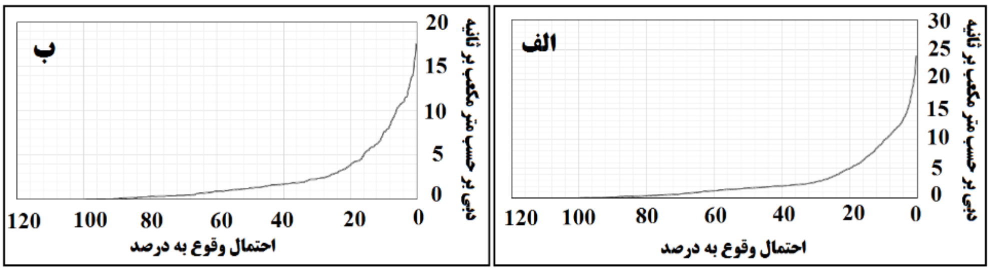
الگوی بازه‌های رودخانه گیوی‌چای به عوامل مختلفی وابسته است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

احداث سد: جریان‌های رودخانه‌ای بر حسب دبی، دارای توان‌های متفاوتی برای فرسایش و رسوبگذاری هستند (اصغری سراسکانرود و همکاران، ۱۳۹۵). تغییرات جریان توسط سد می‌تواند بر میزان، زمانبندی و مدت زمان جریانهای بالا و

پایین‌دست تأثیر بگذارد (کلارک و همکاران[1]، ۲۰۰۸؛ ارسچوت و همکاران[2]، ۲۰۱۸). بنابراین می‌توان گفت، تغییرات هیدرولوژیک، به تدریج موجب تغییر موقعیت و مورفولوژی رودخانه‌ها می‌شود (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۹). سد مخزنی گیوی بین ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه تا ۴۸ درجه و ٤٥ دقیقه طول شرقی، به منظور تنظیم آب رودخانه با هدف کنترل سیلاب و نیز تأمین آب شرب، صنعت و بهبود اراضی منطقه، با ۵۷ میلیون متر مکعب حجم کل مخزنی و ۷٦ میلیون متر مکعب، حجم تنظیمی بر روی رودخانه گیوی چای احداث شده است. احداث سد گیوی، منجر به کنترل جریان در رودخانه گیوی‌چای و تغییر در دبیهای حداکثر شده است. لذا با کاهش دبیهای حداکثر، بیش‌ترین تغییرات مورفولوژیکی رودخانه به صورت کندو کاو در کناره‌ها و بستر فرسایشپذیرمیباشد. در بازه دوم، اراضی حاشیه‌ای و بستر رودخانه را رسوبات جدید کواترنری دانه درشت و دانه‌ریز تشکیل می‌دهد و حجم زیادی از مواد کناره فرسایش یافته است و وارد شدن این رسوبات مازاد، منجر به ایجاد پشته‌های نقطه‌ای شده است و همانند نتایج مطالعه آسواس و ساتیش[3] (۲۰۰۸) و باتالا و همکاران[4] (۲۰۱۸)، می‌توان گفت که در این بازه از رودخانه گیوی‌چای، کناره‌های سست منجر به عریض شدن کانال می‌شود. با توجه به اینکه رود پرآبی به رودخانه گیوی در این بازه متصل نمی‌شود. دبی رودخانه در ماه‌های گرم تابستان کاهش می‌یابد و با کم شدن جریان رود، تنها بخش‌های عمیق بستر را متأثر می‌سازد و تراس‌های کوچک و بزرگ ایجاد می‌شود. در مواقعی که میزان دبی کم باشد به علت از بین رفتن نیروی خالص رودخانه جزایر در بستر عریض رودخانه ایجاد می‌شود و ضریب خمیدگی افزایش می‌یابد. افزایش زاویه مرکزی در بازه دوم نیز دلیلی بر مهاجرت جانبی مئاندرها در دشت سیلابی می‌باشد. در بازه سوم، رودخانه سنگورچای به این بازه اضافه شده و در محل تلاقی دو رودخانه، به دلیل تغییر در مقدار و جهت سرعت، مقدار دبی جریان و همچنین دبی رسوب پدیده‌هایی چون فرسایش عمیق در بستر، فرسایش سواحل و بالاخره رسوبگذاری در پایین‌دست محل تلاقی صورت می‌گیرد. در حالت کلی، در بازه سوم، میانگین زاویه مرکزی در هر دو دوره، نسبت به دیگر بازه‌ها زیاد است، در واقع رودخانه در یک مسیر پرپیچ و خمدار جریان یافته است که به علت مقاومت زمین‌شناسی کنار رودخانه و عرض کم منتج از این عامل است. مؤلفه‌های تاثیرگذار بر پیچانرودی این بازه تحت تأثیر شاخص‌های زمین ساخت می‌باشد و در نواحی که از مقاومت تشکیلات زمین‌شناسی کاسته شده است، پیچان رودها توسعه می‌یابد و در نواحی با گسترش سازندهای مقاوم، عملکرد پیچان رودها و مورفولوژی رودخانه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در بازهٔ چهارم و با فاصله گرفتن از سد، به علت تشکیل پشته‌های رسوبی و رسوبگذاری در کنار رودخانه و همچنین به علت مقاومت لیتولوژیکی، عمق و پهنای بستر کم می‌شود و لذا، میزان ضریب خمیدگی بازه چهارم برای هر دوره کمتر از سایر بازه‌ها می‌باشد. می‌توان گفت که،

1 Clarke et al
2 Oorschot et al
3 Aswath & Satheesh
4 Batalla et al

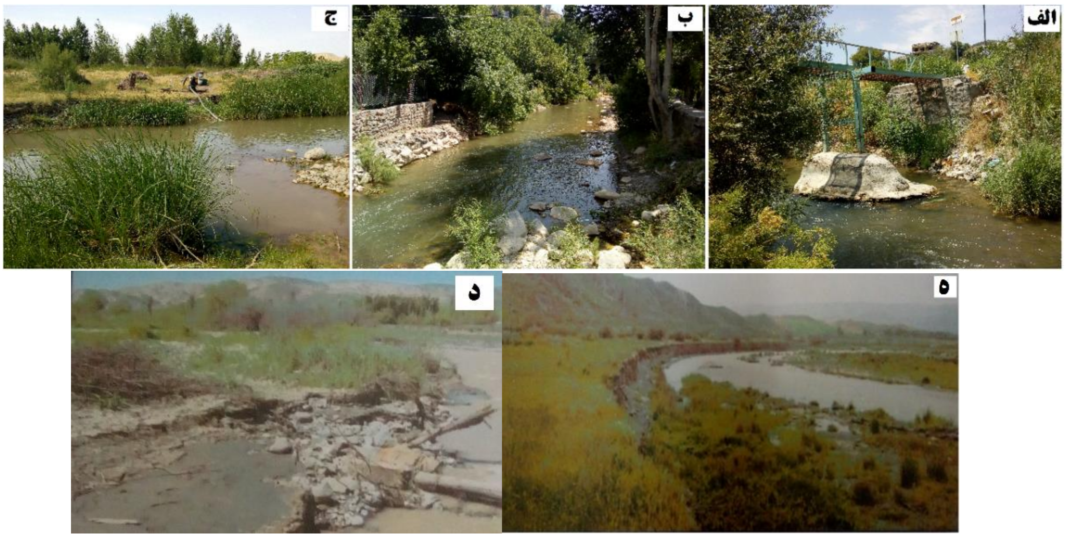
بیش‌ترین اثرات سـد، در بازه دوم بوده اسـت و با فاصـله گرفتن از سـدها، میزان و نحوه تغییرات در مسیر جریان رودخانه تفاوت پیدا می‌کند. می‌توان گفت روند افزایش زاویه مرکزی و ضـریب خمیدگی در بازه‌های پایین‌دسـت سد، همانند نتایج رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۵)، مؤید فعال بودن مئاندرهای رودخانه می‌باشد و مورفولوژی رود به سمت پیچانرودی بسیار توسعه یافته تغییر یافته است و همچنین میزان تغییر در زاویه مرکزی در خمیدگی‌هایی که حذف نشـده‌اند و فقط در آن‌ها تغییرات ایجاد شـده، به صورت افزایش بوده است. برای بررسی تأثیر احداث سد، منحنی تداوم جریان در ایستگاه پایین‌دست سد (فیروزآباد)، برای دو دوره قبل و بعد از احداث سد به‌طور مجزا تهیه شد (شکل ۸). با بررسی منحنی تداوم جریان، شاهد هستیم که قبل از احداث سد دبی با شیب بالا (احتمال وقوع ۳۳ درصـد)، ۲/٤۲، دبی با شـیب متوسط (احتمال وقوع ٦٦ درصد)، ۰/۹٤۷ و دبی با شیب پایین (احتمال وقوع ۱۰۰ درصد) ۰/۰۳۸ می‌باشد و بعد از احداث سد، دبی یا شیب بالا (احتمال وقوع ۳۳ درصد)، برابر با ۲/۰۹، دبی با شیب متوسط (احتمال وقوع ٦٦ درصد)، ۰/٦٥۷ و دبی با شیب پایین (احتمال وقوع ۱۰۰ درصد)، برابر با ۰/۰۲۰ است. لذا، می‌توان اذعان داشـت که بیشترین تأثیر احداث سد در تغییرات حداکثر جریان بوده است که موجب کاهش جریان پیک پس از آبگیری شـده اسـت. بنابراین، کاهش جریان اوج موجب تغییر شاخص‌های مورفولوژیکی مانند نیم‌رخ عرضی و طولی و شاخص‌های هیدرولیکی مانند عمق آب و سرعت جریان خواهد شد.



شکل ۸- الف: منحنی تداوم جریان قبل از احداث سد، ب: منحنی تداوم جریان بعد از احداث سد

عوامل انسانی: از نمونه دخالت‌های انسانی در رودخانه گیوی‌چای و به ویژه در بازه پایین‌دست سد، می‌توان به احداث پل‌ها (مانند: پل‌های پاییندست سد گیوی، کورپوقولاغی و روستای میکائیلاآباد)، اشاره کرد که پایه‌های پل‌ها مشـابه یک سد یا بند عمل کرده و سبب پسزدگی آب و رسوبگذاری در بالادست می‌شود. همچنین، رودخانه دراثر احـداث پایه‌های پل، محدود و تنگ شـــده، پل باعث تمرکز تنش جریان در محدوده احداث پل گردیده و موجب آبشستگی کف و کناره‌ها می‌گردد. ایجاد دیواره‌ها و فنسکشی‌ها، جهت جداسازی املاک شخصی و تخلیه نخاله‌های سـاختمانی از دیگر فعالیت‌های انسـانی می‌باشـد که منجر به تجاوز به حریم رودخانه و تنگ کردن بسـتر رودخانه می‌شوند. همچنین، می‌توان گفت که به علت وجود پیچ‌وخم‌های رودخانه، سرعت زیاد جریان آب، تجاوز کشاورزان

به حریم رودخانه باعث کناره‌شویی، کفکنی و در برخی مناطق دیگر سبب بالا آمدن سطح آب و ورود آب به اراضی و باغات حاشیه رودخانه شده است و کاهش ظرفیت انتقال آب در بستر، یکی از عوامل طغیان رودخانه می‌باشد. به علاوه، انجام عملیات کشاورزی در حریم و بستر رودخانه موجب شده است تا آب‌های ناشی از آبیاری اراضی به صورت سطحی و زیرزمینی، زمینهٔ فرسایش بستر و کناره‌ها و درنتیجه جابه‌جایی آن را فراهم نماید. پمپاژ آب رودخانه، جهت آبیاری اراضی زراعی و باغات موجود در اطراف رودخانه از دیگر اقدامات انسانی در حواشی رودخانه گیوی‌چای می‌باشند که دبی جریان را کاهش داده و موجب افزایش رسوبات و همچنین تغییر مسیر جریان می‌شود .رودخانه گیوی پس از عبور از دره‌های تنگ و سنگی در پایین‌دست سد گیوی با سرازیر شدن به دشت گیوی در پایین‌دست شهر، دارای پهنه آبرفتی رسوبی با شیب کمتر در مقایسه با بالادست می‌باشد و به‌طورکلی شرایط برای برداشت مصالح رودخانه در برخی از مناطق آن فراهم شده است. به این ترتیب در سنوات گذشته از محدوده روستای گرگ‌آباد (سعیدآباد) و میکائیل‌آباد و همچنین در قسمت پایین‌دست آن (قبل از فیروزآباد) برداشت مصالح شن و ماسه رودخانه‌ای صورت گرفته و برخی از این برداشت‌ها در راستای کارهای عمرانی ازجمله راه ارتباطی و احداث سد مخزنی بوده است و برداشت مصالح، علاوه بر تغییرات عمقی، تغییر در هندسهٔ کانال رودخانه و تغییرات عرضی شدیدی را نیز به دنبال داشته است (شکل ۹). می‌توان اذعان داشت که در رودخانهٔ گیوی‌چای نیز، همانند نتایج حاصل از مطالعهٔ (رحیمی و همکاران (۱۳۹۵) و کیبت لکنت[1] (۲۰۱۹)، اقدامات آنتروپوژنیک در مسیر رودخانه نقش مهمی در تغییرات شاخص‌های مورفولوژی و جابه‌جایی رودخانه گیوی‌چای داشته است.

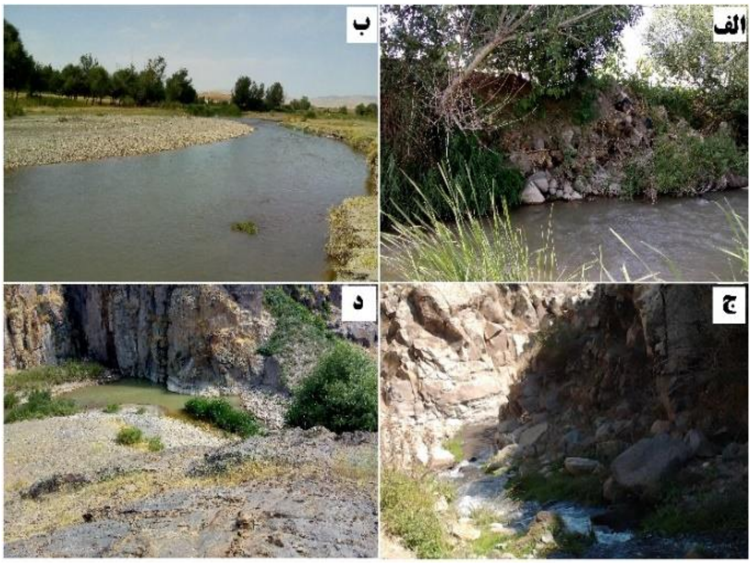


شکل ۹- نمونه‌هایی از دخالت‌های انسانی دررودخانه گیوی‌چای الف: احداث پل‌ها ب: تجاوز به حریم رودخانه و تنگ کردن بستر رودخانه ج: پمپاژ آب رودخانه د: ریختن زباله و نخاله ساختمانی ه: بردات شن و ماسه

1 Kibet Langat

-سـازندهای زمین‌شناسی (لیتولوژی): شرایط زمین‌شناسی و لیتولوژی هر منطقه‌ای از عوامل اصلی کنترل کننده رفتار رودخانه‌ها می‌باشـد. جنس سنگها، نحوه قرار گیری لایه‌ها، میزان بالاآمدگی ساختارهای زمین‌شناسی یا پایین افتادگی آن‌ها می‌توانند اثرات قابل ملاحظه‌ای روی مورفولوژی رودخانه‌ها و تغییرات مجرای آن‌ها داشـــته باشـــند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). در بازه اول، رودخانه در بستر دره‌ای جریان دارد و بخش‌هایی از مسیر رودخانه که از سازندهای فرسایش پذیر تشکیل شده (Qt2: رسوبات پادگانه های آبرفتی جوان؛ شامل رس، رس‌های ماسه‌دار و شـن و قلوه سـنگ) و به ویژه در مقاطع نزدیک به سـد، فرسایش یافته و عرض رودخانه نیز تقریباً افزایش یافته است .در بازه دوم و بلافاصله بعد از سد گیوی، رودخانه از دره‌های ارتفاعات مشرف به شهر گیوی، عبور می‌کند که در این محدوده عرض بستر ناشی از جنس کرانه‌ها (EV: آندزیت، تراکی آندزیت، تراکی بازالت و آندزیت بازالت) کاهش می‌یابد و بسـتر رودخانه دارای رسوبات درشت و پوشیده از سنگه‌ای شکسته حاصل از سقوط از کرانه‌ها و حمل از بالادسـت می‌باشد. با فاصله گرفتن از سد و عبور از شهر گیوی رودخانه وارد دشت گیوی در پایین‌دست شهر و سیلاب دشت اصلی رودخانه، با پهنای بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و طول بیش از ۱۲ کیلومتر تا فیروزآباد شده و بخش اعظم اراضی زراعی و باغی، در این محدوه در سیلاب‌دشت رودخانه واقع شده است و به دلیل عبور رودخانه از سازندهای فرسایش پذیر (Qt2: رسوبات پادگانه های آبرفتی جوان؛ شامل رس، رس‌های ماسه‌دار و شن و قلوه سـنگ و Qal: رسـویات رودخانه‌ای فعلی و به صـورت قلوه سـنگ، شـن، ماسه و در برخی مناطق رس و سیلت منفصل) به ویژه در حوالی سکرآباد و میکائیل‌آباد، بستر رودخانه عریض شده و پادگانه های جوان مشاهده می‌شود. حجم زیادی از مواد کناره (مخصـوصـاً در طی سـیلاب‌ها) فرسایش یافته و کناره‌های سست منجر به عریض شدن کانال و پشته‌های داخل مجرا می‌شود و این رسوبات به وضوح در خمها، جزایر میانی و اراضی حاشیه‌ای و پرشیب کناری رودخانه مشهود است و به‌طور مداوم توسط جریان‌ها جابه جا شده و فرسایش می‌یابند (ترانسکت‌های ۱۱، ۱۲، ۱۳، ١٤ و ١٥ که بیشترین جابه‌جایی را در طی دوره زمانی مورد مطالعه داشته‌اند) و تغییرات مورفولوژیکی بستر نیز در این محدوده زیاد است (شکل ۱۰؛ الف، ب). در ابتدای بازه سوم، محدودهٔ فیروزآباد در تداوم سیلاب‌دشت بازه قبلی قرار دارد و با الحاق سنگورچای، رود وارد بخش کوهستانی شده و اراضی کرانه دارای دره‌های عمیق با شیب تند می‌باشد و در مسیر رودخانه به دلیل برخورد با ارتفاعات و برونزدهای سنگی تغییر مسیر متناوب داشته و دارای مئاندر می‌باشد و تغییرات رودخانه تابع تغییرات دره است و حالت مئاندری شدن در طول دره دیده می‌شود و مسیر رودخانه در این بازه منطبق بر واحد زمینشناسی Ean(تناوبی از گدازه‌های آندزیتی، آندزی بازالت و بازالت همراه با توف شیش‌های با ترکیب آندزیتی)، Ngms(تناوب مارنهای خاکستری و قرمز ژیپسدار با ماسه سنگ‌های خاکستری و درون لایه‌های میکرو کنگلومرایی) و Ngc(کنگلومرای قرمز رنگ) می‌باشـــد. در بازه چهارم نیز از میزان عرض رودخانه کاسته شده و بستر رودخانه پوشیده از رسوبات درشت دانه است که این امر تا پیوستن به قزل اوزن امتداد

دارد و در برخی مناطق به دلیل ریزش مواد سنگی از ارتفاعات پرشدگی آبراهه و تغییر مسیر به وجود آمده است. در این بازه، شکل‌بندی مقاطع تابع مقاومت لیتولوژیکی بستر و کناره‌های رودخانه می‌باشد و کاربری زراعی و کشاورزی در آن دیده نمی‌شود. در این بازه مسیر رودخانه، عمدتاً منطبق بر واحد زمین‌شناسیEan (تناوبی از گدازه‌های آندزیتی، آندزی بازالت و بازالت همراه با توف شیش‌های با ترکیب آندزیتی)، با روند شمالی- جنوبی می‌باشد (شکل ۱۰؛ ج، د).



شکل ۱۰- الف و ب: فرسایش کنار رودخانه به علت وجود مواد سست و فرسایش پذیر؛ ج و د: مقاومت زمین‌شناسی کنار رودخانه و عرض کم منتج از این عامل

۵- نتیجه‌گیری

رودخانه‌ها از اشکال پویای طبیعت هستند که در مقاطع زمانی ویژه و در مکان‌های مختلف، در رابطه با عوامل محیطی، ویژگی‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند و این تغییرات می‌تواند بر سازه‌های بنا شده در حاشیه رودخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی و غیره آثار منفی بگذارد. در این پژوهش، تغییرات مجرای رودخانه گیوی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹، با استفاده از شاخص‌های مورفولوژیکی و روش ترانسکت مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های مورفولوژیکی، میانگین ضریب خمیدگی در بازه اول، در سال ۲۰۱۹ نسبت به سال ۲۰۰۰ روند کاهشی داشته است؛ در بازه اول، رودخانه در بستر دره‌ای جریان دارد و فقط بخش‌هایی از مسیر رودخانه که از سازندهای فرسایش پذیر تشکیل شده و به ویژه در مقاطع نزدیک به سد، فرسایش یافته است. کاهش زاویه مرکزی در بازه اول نشان‌دهنده کوتاه شدگی مسیر رودخانه و تغییر مسیر مجرا می‌باشد. اما ضریب خمیدگی و

زاویه مرکزی در بازه‌های ۲، ۳ و ٤ افزایش یافته است. می‌توان گفت روند افزایش زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی در این بازه‌ها، گویای فعال بودن مئاندرهای رودخانه می‌باشد. بازه‌های اول، دوم و چهارم، در هر دو دورۀ مطالعاتی، دارای پلان فرم سینوسی می‌باشد؛ ولی در بازه سوم در هر دو دوره، الگوی بازه به صورت پیچانرودی است. از نظر شاخص زاویه مرکزی، در بازه دوم در طی دوره مطالعاتی، نوع بازه از پیچان رود توسعه یافته به بسیار توسعه یافته، تغییر یافته است. ولی بازه اول و سوم، در هر دو دوره مطالعاتی، به صورت پیچان رود بسیار توسعه یافته و بازه چهارم از نوع پیچان رود توسعه یافته می‌باشند. به علاوه، در بازه‌های ۲، ۳ و ٤؛ شاهد روند افزایشی زاویه مرکزی و در بازه اول شاهد کاهش زاویه مرکزی، در طی دوره مطالعاتی هستیم. در بازه دشتی عامل تأثیرگذار بر پیچان شدن رودخانه، نوع سازند آبرفتی و شیب کم است و مئاندرها از نوع محاط و دشتی است و در مقابل در بخش کوهستانی تغییرات رودخانه تابع تغییرات دره است و حالت مئاندری شدن در طول دره دیده می‌شود. همچنین، نتایج مطالعه نشان می‌دهد که در کل رودخانه تعداد پیچ‌ها در سال ۲۰۱۹ نسبت به ۲۰۰۰ افزایش یافته است و روند کاهشی طول موج در تمامی بازه‌ها، نیز که نشان دهندۀ کاهش فاصله پیچان رودهای متوالی نسبت به هم است، این موضوع را تأیید می‌کند و این امر تغییرات مورفولوژی و ناپایداری رودخانه را نشان می‌دهد. به علاوه نتایج مطالعه حاکی از این امر می‌باشد که، بیش‌ترین تأثیر احداث سد در بازه دوم بوده است. با کاهش جریان پیک پس از آبگیری و تله اندازی رسوب توسط سد گیوی، از میزان رسوب ورودی به بازه دوم کاسته شده و کاهش بار رسوب موجب افزایش ظرفیت انتقال توسط آب خروجی از سد شده و نتیجه آن افزایش قدرت سایشی در بازه دوم بوده است.

نتایج حاصل از تغییرات جانبی مجرا نیز نشان داد که میانگین آهنگ مهاجرت مجرای رودخانه گیوی چای در طی بازهزمانی ۱۹ ساله، در حدود ۰/۸۷ متر در سال بوده است. همچنین باید افزود، که در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹، به‌طورکلی حدود ۳۹/۵۲ هکتار به ساحل راست رودخانه افزوده است و در مقابل ۱۱/٦۲ هکتار از ساحل راست کاسته شده است. بیش‌ترین مقدار جابه‌جایی عرضی مجرا، در ترانسکت ۱۲ و کمترین جابه‌جایی در ترانسکت ۲۰ می‌باشد. بررسی ویژگی‌ها مورفولوژی بستر مجرا، نشان می‌دهد که جابجایی‌های عرضی اغلب در قسمت‌های از مسیر رودخانه اتفاق افتاده است که بستر رودخانه دارای مشخه های سیلاب دشتی است و بستر رودخانه در این مناطق به میزان قابل توجهی عریض‌تر می‌شود و شیب به میزان زیادی کاهش یافته و بیشترین گسترش اراضی کشاورزی و باغات در این مناطق قابل مشاهده است. درحالت کلی، تغییرات در پلان رودخانه گیوی‌چای، به صورت گسترش مئاندرهای موجود، جابه‌جایی مسیر رودخانه و افزایش انحنا و تشکیل مئاندرهای کوچک بوده است و شکل‌گیری الگو و تغییرات مورفولوژیکی رودخانه گیوی چای در بازه زمانی و مکانی مورد مطالعه بیشتر تحت تأثیر فرآیندهای هیدرولوژیکی ناشی از فرآیند تدارک دبی و دبی رسوبی، احداث سد و مقاومت لیتولوژیکی بستر و

کنارەهای رودخانه و نیز دخالت‌های انسانی مانند: احداث پل‌ها، تجاوز به حریم بستر رودخانه، پمپاژ آب رودخانه، ریختن نخاله‌های ساختمانی و برداشت شن و ماسه می‌باشد.

کتابنامه

اسفندیاری درآباد، فریبا؛ رحیمی، مسعود؛ رحیمی، محسن؛ ۱۳۹٦. تحلیل میزان مهاجرت عرضی مجرای رودخانه ارس با استفاده از روش ترانسکت در طی سال‌های ۲۰۱٦–۱۹۸۷ (از سد خدا آفرین تا سد میل مغان)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال پنجم، شماره ٤، صص ۵۸–٤۱.

اسفندیاری درآباد، فریبا؛ رحیمی، مسعود؛ لطفی، خداداد؛ عبادی، الهامه؛ ۱۳۹۹. آشکارسازی تغییرات جانبی مجرای رودخانه قزل اوزن در بازه زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳،نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۷، صص ۱۲٤–۱۱۳.

اصغری سراسکانرود، صیاد؛ زینالی، بتول؛ اصغری سراسکان‌رود، صالح؛ ۱۳۹۵. بررسی نحوه توزیع قدرت رودخانه و تنش برشی و اثرات مخاطره‌آمیز آن در محدوده شهری سراسکان‌رودچای، فصلنامه تحقیقات علوم جغرافیایی، سال سی و یکم، شماره یکم، صص ۵٦–٤۵.

خوش رفتار، رضا؛ احمدی ترکمانای، اصغر؛ فیض‌الله‌پور، مهدی؛ حامدی، نسرین؛ ۱۳۹۸. بررسی پیچان رودهای قزل اوزن در محدودۀ شهریتان ماهنشان– زنجان، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال هفتم، شماره٤، صص ۳۰–۱۵.

خیری‌زاده‌آروق، منصور؛ رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ رجبی، معصومه؛ دانش فراز، رسول؛ ۱۳۹٦. تحلیل تغییرات جانبی مجرای رودخانه زرینه‌رود با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژیکی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ٤، ص ۷٦–۱۰۲.

رحیمی، مسعود؛ حجازی، اسدالله؛ مدیری، مهدی؛ مهرورز، ارسلان؛ ۱۳۹۵. بررسی تغییرات رودخانه ارس با استفاده از روش ترانسکت در طی بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱٤ و تأثیر سازه‌های احداثی در اصلاح مسیر رودخانه (از اصلاندوز تا پارس‌آباد)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۰، صص ۸۹–۷۳.

رضایی، مقدم، محمد حسین؛ خیری زاده آروق، منصور، رحیمی، مسعود؛ ۱۳۹۵. بررسی جابه جایی جانبی مجرای رودخانۀ ارس از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ (از ۱۵ کیلومتری غرب شهر اصلاندوز تا خروج رودخانه از محدودۀ سیاسی ایران)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۷، پیاپی ٦۳، شماره ۳، صص ۳۲–۱۵.

رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ رحیمی، مسعود؛ نیکجو، محمدرضا؛ یاسی، مهدی؛ ۱۳۹٦. تحلیل ژئومورفولوژیکی مجرای رودخانه قره‌سو با استفاده از مدل رزگن (پایین‌دست سد سبلان). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۲، ص ۱–۱٤.

رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ ثروتی، محمدرضا؛ اصغری سراسکان‌رود، صیاد؛ ۱۳۹۱. بررسی تغییرات شکل هندسی رودخانه قزل اوزن با تأکید بر عوامل ژئومورفولوژیک و زمین‌شناسی، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۳، شماره ۲، صص۱٤ –۱.

سلطانی گردفرامرزی، سمیه؛ عسگری ورزیده، سمیه؛ تازه، مهدی؛ ۱۳۹۷. بررسسی تغییرات زاویه مرکزی و شعاع مرکزی در مئاندرهای رودخانه گاماسیاب با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۲، شماره ٦۳، صص ۲٤۰–۲۲۵.

فاطمی‌عقدا، محمود؛ فیاضی، فرجاله؛ علیپور، داریوش؛ ۱۳۸۰. بررسی زمین‌شناسی مهندسی بخشی از رودخانه کرخه (روستای عبدالخان تا روستای الهایی)، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم. جلد ۱ ، شماره ۳، صص ۱۶۳ –۱۷۸ .

مقصودی، مهران؛ شرفی، سیامک؛ مقامی، یاسر؛ ۱۳۸۹. روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانهٔ خرم آباد با استفاده از GIS، RS و Auto Cad، مجله مدرس علوم انسانی، دوره چهاردهم، شماره ۳، صص۲۹٤–۲۷۵.

Aswath, M.V., & Satheesh, V.R., 2008. Factors Influencing the Sinuosity of Pannagon. River Kottayam, Kerala, India: An assessment using remote and GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138 (1-3), 173-180.

Atwwod, J., Watts, T., Price, K., & Kastens, J., 2005. The big picture-satellite remote sensing application in rangeland assessment and crop insurance. Reviewed and Published Proceedings. Agricultural Outlook Forum 2005. Speech Booklet 2, 1-26.

Bag, R., Mondal, I., & Bandyopadhyay, J., 2019. Assessing the oscillation of channel geometry and meander migration cardinality of Bhagirathi River, West Bengal, India. *Journal of Geographical Sciences*, 29 (4), 613-634.

Batalla, R.J., Iroume, A., Hernandez, M., Llena, M., & Vericat, D., 2018. Recent geomorphological evolution of a natural river channel in a Mediterranean Chilean basin. *Geomorphology*, 303, 322-337.

Chaiwongsaen, N., Nimnate, P., Choowong, M., 2019. Morphological Changes of the Lower Ping and Chao Phraya Rivers, North and Central Thailand: Flood and Coastal Equilibrium Analyses. *OpenGeosci*, 11 (1), 152–171.

Clarke, K.D., Pratt, T.C., Randall, R.G., Scruton, D.A., & Smokorowski, K.E., 2008. Validation of the Flow Management Pathway: Effects of Altered Flow on Fish Habitat and Fishes Downstream from a Hydropower Dam, Northwest Atlantic Fisheries Center Science, Oceans and Environment Branch Fisheries and Oceans Canada St. John's, NL, *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1-119.

Dewan, A., Corner, R., Saleem, A., Rahman, M.M., Haider, M.R., Rahman, M.M., Sarker, M.H., 2017. Assessing channel changes of the Ganges-Padma River system in Bangladesh using Landsat and hydrological data. *Geomorphology*, 276, 257-279.

Feyisa, G., Meilby, H., Fensholt, R., & Proud, S., 2014. Automated water extraction index: a new technigue for surface water mapping using landsat imagery. *Remot sensing of inviroment*, 140, 23-35.

Giardino, J.R., & Lee A.A., 2011. Rates of channel migration on the Brazos River, Submitted to the Texas Water Development Board, Department of Geology & Geophysics, *Texas A & M University*, 1-45.

Kibet Langat, F., Kumar, L., & Koech, R., 2019. Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques. *Geomorphology*, 325, 92-102.

Magdaleno, F., Yuste, J., & Fernandez., A., 2011. Meander dynamics in a changing river corridor, *Geomorphology*, 130, 197-207.

Matyas, M.L.A., 2015. Methods of analysis the riverbed evolution. A case study of two tributaries of the upper vistula river. *Oddzial w Krakowie, s*, 1, 1313-1327.

Mcfeeters, S.K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, *International Journal of Remote Sensing*, 17(7): 1425-1432.

Minh Hai D, Umeda Sh, Yuhi M. 2019. Morphological Changes of the Lower Tedori River, Japan, over 50 Years, *water*, 11, 1852,2-17.

Oorschot, M.V., Kleinhans, M., Buijse, T., Geerling, G., & Middelkoop, H., 2018. Combined effects of climate change and dam construction on riverine ecosystems. *Ecological Engineering*, 120, 329–344.

Rinaldi, M., & Simon, A., 1988. Bed-level adjustments in the Arno River, central Italy, Geomorphology, 22 (1), 57–71.

Shen, L., & Li C., 2010. Water body Extraction from lansat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm. Geoinfirmatics, 18th International Conference on Geoinformatics, *China*, 1-4.

Shields, F., Douglas, S., Andrew, S., & Lyle, J., 2000. Reservoir effects on downstream river channel migration. *Environmental Conservation*, 27(1), 54–66.

Xu, H., 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 27 (14), 3025-3033.